

INFLUÊNCIA DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES, ASSOCIADA À ADIÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS, NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO AMARELO (*Passiflora edulis f. flavicarpus*)⁽¹⁾

A. C. F. SOARES⁽²⁾ & M. A. MARTINS⁽³⁾

RESUMO

Realizou-se um experimento em casa de vegetação, com o objetivo de avaliar a influência da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), associada à adição de formononetina (nas concentrações de 0, 5 e 10 $\mu\text{mol L}^{-1}$), quercetina e morina (nas concentrações de 0, 5, 10 e 15 $\mu\text{mol L}^{-1}$), no crescimento e teor de nutrientes de mudas de maracujazeiro, avaliadas em duas fases: produção das mudas em substrato estéril e após o transplântio para substrato não-estéril. Utilizaram-se as espécies *Glomus clarum* (Gc) e *Glomus fasciculatum* (Gf) e uma população nativa de FMAs (IN) isolada de um plantio de maracujá no município de São João da Barra (RJ). Todos os FMAs avaliados (Gc, Gf e IN) proporcionaram aumentos significativos na produção de matéria seca e no teor de nutrientes na fase de produção de mudas e após o transplântio para substrato não-estéril. A aplicação dos compostos fenólicos teve efeito apenas na fase após o transplântio, destacando-se as plantas não inoculadas que mostraram efeito benéfico da aplicação dos flavonóis quercetina e morina e do isoflavonóide formononetina (apenas na concentração 5 $\mu\text{mol L}^{-1}$) na colonização radicular pelos FMAs, indicando que tais compostos estimularam a população nativa de FMAs presente no substrato. Nas plantas inoculadas, não se verificou efeito dos compostos na colonização radicular pelo fungo, mas observou-se efeito positivo em algumas das variáveis analisadas.

Termos de indexação: micorrizas, formononetina, quercetina, morina.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, apresentada à Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF. Recebido para publicação em abril de 1999 e aprovado em julho de 2000.

⁽²⁾ Professora Titular do Departamento de Fitotecnia, Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia - UFBA. CEP 44380-000 Cruz das Almas (BA).

⁽³⁾ Professor da UENF. E-mail: marco@uenf.br

SUMMARY: *EFFECTS OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI, ASSOCIATED WITH THE ADDITION OF PHENOLIC COMPOUNDS, ON THE GROWTH OF PASSIONFRUIT PLANTS (Passiflora edulis f. flavicarpus)*

*An experiment was carried out under green house conditions to evaluate the effects of the inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), associated with the addition of formononetin (5, 10 μ mol L⁻¹), quercetin and morin (5, 10 and 15 μ mol L⁻¹), on the growth and nutrient content of passion fruit plants in the phase of seedlings cultivated in sterile substrate and after transplanting to a non-sterile substrate. The fungi utilized were *Glomus clarum* (Gc), *Glomus fasciculatum* (Gf) and a population of native fungi (IN), which was isolated from a passion fruit plantation in the region of São João da Barra (RJ). Significant effects on the growth and mineral nutrition of the passion fruit plants were observed for all the AMF utilized (Gc, Gf and IN), during the seedling development and after transplanting to a non-sterile substrata. The phenolic compounds had effects on root colonization and plant growth during the phase of seedling grown only in the phase of seedlings cultivated in a non-sterile substrata, where a beneficial effect of the flavonols quercetin and morin, and the isoflavonoid formononetin (5 μ mol L⁻¹) on root colonization by AMF, was observed for the non-inoculated seedlings, indicating that these compounds stimulated the native AMF present in the substrata. For the inoculated seedlings with AMF, the flavonoids did not affect the root colonization, but had a positive effect on some variables analyzed.*

Index terms: mycorrhizae, formononetin, quercetin, morin.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o principal produtor mundial de maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg.), com uma área plantada de aproximadamente 24.000 ha (Ruggiero et al., 1996). Contudo, o grande entrave para o melhor desenvolvimento da fruticultura é a disponibilidade de mudas selecionadas.

A exploração das associações micorrízicas por meio da inoculação de mudas com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) tem demonstrado grande potencial no desenvolvimento de programas de produção de mudas de boa qualidade para diversas fruteiras (Schubert et al. 1990; Vega-Jaizme & Ázcon, 1991; 1995; Monteiro et al. 1991).

O estabelecimento de FMAs no sistema radicular das plantas influencia fatores fisiológicos, tais como: redução da suscetibilidade a certos patógenos (Dehne, 1982; Guillemin et al., 1994), tolerância ao estresse hídrico (Koide, 1985) e alteração da capacidade fotossintética da planta (Brown & Bethlenfalvay, 1988). Todavia, o principal benefício do fungo para a planta hospedeira, observado quanto ao de melhor desenvolvimento e estado nutricional da planta, está associado à maior absorção de nutrientes, principalmente os de baixa mobilidade no solo, como o fósforo, potássio, zinco e cobre (Marschner & Dell, 1994). As hifas externas do fungo funcionam como uma extensão do sistema radicular, proporcionando uma área maior para contato com o solo, favorecendo, assim, a maior absorção de nutrientes (Cooper, 1984; Marschner & Dell, 1994).

A cultura do maracujá necessita da aplicação de doses elevadas de fósforo na fase de produção de mudas e no plantio de pomares, pelo fato de seu sistema radicular apresentar poucos pêlos absorventes e radículas (Colozzi-Filho & Carvalho, 1993). O benefício da inoculação com FMA já foi demonstrado por Soares (1994).

Adicionalmente, diversos estudos têm demonstrado que compostos fenólicos, especialmente do grupo dos flavonóides, tendem a estimular o desenvolvimento de diversas espécies de FMA (Elias & Safir, 1987; Tsai & Phillips, 1991; Bécard et al., 1992; Batista & Siqueira, 1994) e, conseqüentemente, a colonização do fungo nas raízes (Kaminski et al., 1994; Silva-Júnior & Siqueira, 1997). Segundo Siqueira et al. (1991), estudos com compostos fenólicos abrem novas perspectivas para a utilização de FMA, acelerando a colonização e maximizando os benefícios que estes fungos proporcionam às plantas, além de estimularem a população nativa de FMA, destacando o isoflavonóide formononetina como o composto mais ativo.

O presente trabalho objetivou avaliar os efeitos da inoculação com uma população de FMAs nativos isolados de um plantio de maracujá do município de São João da Barra, RJ, e das espécies *Glomus clarum* e *Glomus fasciculatum*, associadas à adição do isoflavonóide formononetina e dos flavonóis quercetina e morina, em plantas de maracujá amarelo na fase de produção de mudas em substrato estéril e após o transplantio das mudas para substrato não-estéril.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em casa de vegetação, no período de outubro de 1996 a abril de 1997, na Universidade Estadual do Norte Fluminense. As avaliações foram feitas em duas fases: na fase de produção de mudas em substrato estéril e na fase após o transplântio das mudas para substrato não-estéril.

Delineamento experimental e descrição dos tratamentos

Foi utilizado um delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados com arranjo fatorial 4 x 9 (quatro tratamentos com fungo: *Glomus clarum*, *Glomus fasciculatum*, inóculo nativo e testemunha não inoculada; nove tratamentos com compostos: sem composto, formononetina 5 e 10 $\mu\text{moles L}^{-1}$, quercetina 5, 10 e 15 $\mu\text{moles L}^{-1}$ e morina 5, 10 e 15 $\mu\text{moles L}^{-1}$), com três repetições. Este delineamento experimental foi utilizado em ambas as fases de avaliação do trabalho.

Características texturais e químicas do substrato utilizado e adubação

O substrato utilizado foi uma mistura solo (Cambissolo) peneirado em malha de 4 mm e areia lavada, na proporção de 1:2 (v/v). Esta mistura (substrato) apresentou as seguintes características texturais e químicas: areia grossa 76%; areia fina 6%; silte 10%; argila 8%; carbono 8,0 g kg^{-1} ; pH em água (1:2,5) 5,6; P 6 mg dm^{-3} (Mehlich); P remanescente 52,5 mg dm^{-3} ; K 0,87 $\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$; Ca 16 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$; Mg 11 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$; Al 1 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$; H total 18 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$; Na 0,8 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-1}$. Com base nas características químicas, adicionaram-se individualmente ao substrato de cada saco de polietileno 10 mg dm^{-3} de P, na forma de KH_2PO_4 , e 100 mg dm^{-3} de K, na forma de KCl em solução aquosa.

FMA's utilizados e preparo dos inóculos

Foram utilizados os fungos *Glomus clarum* (Gc), *Glomus fasciculatum* (Gf) e uma população de fungos nativos (IN) obtida por meio da coleta de uma amostra composta de várias subamostras da camada de 0-15 cm de solo de um plantio de maracujá, no município de São João da Barra, RJ. Os fungos exóticos *Glomus clarum* e *Glomus fasciculatum* foram selecionados para este estudo com base nos trabalhos de Soares (1994) e Vega-Jaizme & Azcon (1991; 1995). Os inóculos de FMA's foram previamente multiplicados em vasos de 3 kg que continham substrato estéril, utilizando a *Brachiaria brizantha* como planta hospedeira.

Para a multiplicação da população nativa de FMA's (IN), foi plantada a *Brachiaria brizantha* (planta hospedeira) no solo coletado no plantio de maracujá. A identificação das espécies de FMA's

presentes neste inóculo (IN) foi feita após a multiplicação deste, pelo Instituto Botânico de São Paulo, Setor de Micologia. Foram identificadas as seguintes espécies na população de fungos nativos (IN): *Glomus clarum*, *Glomus spurcum*, *Scutellospora fulgida*, *Glomus macrocarpum*, *Glomus invermaium*, *Entrophospora colombiana*, *Scutellospora pellucida*, *Acaulospora appendiculata* e *Scutellospora heterograma*, sendo *Glomus clarum* e *Glomus spurcum* as espécies predominantes.

Como fonte de inóculo, foi utilizada uma mistura de solo que continha esporos e raízes colonizadas pelas espécies de FMA's.

Aplicação dos composto fenólicos

Inicialmente, os compostos fenólicos foram dissolvidos em um pequeno volume de metanol e, posteriormente, diluídos em água destilada, de forma que a concentração final do metanol, na solução, ficasse em 0,5%. A concentração dos compostos (determinada com base no peso molecular de cada composto) foi calculada para que, após a aplicação no solo (10 ml da suspensão aplicados na superfície do substrato), fossem obtidas as concentrações finais de 0, 5 e 10 $\mu\text{M L}^{-1}$ de substrato para a formononetina e de 0, 5, 10 e 15 $\mu\text{M L}^{-1}$ de substrato para a quercetina e morina. A formononetina (7-hidróxi-4'-metoxiisoflavona, peso molecular 320,54) foi adquirida pela Apin Chemicals Ltd. (Oxfordshire, Englabd), a quercetina (3,3",4",5,7-pentaidroflavona, peso molecular 338,36) e a morina (2,3,4,5,7-pentaidroxiflavona, peso molecular 302,20) foram produtos da Sigma, gentilmente fornecidos pelo Departamento de Química da Universidade Federal de Viçosa (MG).

Nos tratamentos sem composto, adicionaram-se 10 ml de água destilada que continham 0,5% de metanol. As concentrações testadas foram selecionadas com base nos trabalhos de Bécard et al. (1992) e Silva-Júnior & Siqueira (1997).

Produção das mudas de maracujá

Para a produção de mudas, as sementes de maracujá amarelo, previamente desinfestadas com uma solução de 0,5% de hipoclorito de sódio, durante 15 min, e lavadas com água destilada esterilizada, foram pré-germinadas em placas de Petri umedecidas com papel de filtro, em câmara de germinação com temperatura alternada de 20-30°C, por 10 a 15 dias. Foram utilizados sacos pretos de polietileno com 0,5 kg do substrato esterilizado com brometo de metila (Bromex). A inoculação com os FMA's foi realizada adicionando-se 40 g do inóculo a aproximadamente 2-3 cm abaixo do nível do substrato. Foram transplântadas três plântulas de maracujazeiro por saco e, em seguida, foram adicionados os compostos fenólicos.

Uma semana após o plantio, foi feito um desbaste, deixando-se uma planta por saco. As plantas foram

irrigadas diariamente com água destilada e, a cada 15 dias, foram adicionados 10 ml da seguinte solução nutritiva isenta de fósforo: 2 $\mu\text{moles L}^{-1}$ de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; 2,5 de KNO_3 ; 1 de NH_4NO_3 ; 1 de MgSO_4 ; 40 de FeEDTA ; 25 de H_3BO_3 ; 0,5 de KCl e 1 ml de solução de micronutrientes (2 $\mu\text{moles L}^{-1}$ de $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,5 $\mu\text{moles L}^{-1}$ de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; 0,5 de $\text{NaMO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 2 μmoles de $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

As plantas da fase de produção de mudas foram coletadas 80 dias após o plantio (três repetições).

Transplântio das mudas

Na época de coleta das mudas de maracujazeiro (primeira fase do trabalho), outras três repetições das mudas foram transplantadas para sacos de polietileno que continham 3 kg do mesmo substrato da primeira fase, porém não esterilizado e com a mesma correção química. Não foi realizada nova adição dos compostos fenólicos neste substrato, deve-se considerar, portanto, que houve uma diluição desses composto após o transplântio. As mudas transplantadas para o substrato não esterilizado foram coletadas 70 dias após o transplântio.

Variáveis analisadas após a coleta das plantas, em ambas as fases do trabalho

Após a coleta das plantas, em ambas as fases de crescimento, foram avaliados o peso da matéria seca da parte aérea e raiz, a porcentagem de colonização radicular, através da clarificação das raízes com 10% KOH , coloração com azul de metila (Koske & Gemma, 1989) e contagem em placa quadriculada (Giovannetti & Mosse, 1980), com auxílio de um microscópio estereoscópio com aumento de 40X. Foram determinados os teores de P e K da parte aérea. O P foi determinado colorimetricamente pelo método do molibdato e o K por espectrofotometria de emissão de chama, após submeter o material vegetal seco e moído à oxidação pela digestão sulfúrica (Malavolta et al., 1989).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e a posterior comparação das médias foi feita pelo teste de Tukey, a 5%, utilizando o programa SAEG-UFV.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fase de produção de mudas em substrato estéril

A aplicação dos compostos fenólicos, nesta fase de produção de mudas em substrato estéril, não teve nenhum efeito significativo ($P < 0,05$) sobre a taxa de colonização micorrízica e sobre o crescimento e teor de nutrientes das mudas de maracujazeiro. O papel dos compostos fenólicos na associação planta-FMA ainda não está bem definido (Werner et al., 1994). Contudo, diversos estudos têm demonstrado que determinados flavonóides, como, por exemplo, a formononetina e a quercetina, tendem a estimular o desenvolvimento de diversas espécies de FMAs (Elias & Safir, 1987; Tsai & Phillips, 1991; Becard et al., 1992; Batista & Siqueira, 1994) e, conseqüentemente, a colonização radicular pelo fungo (Kaminski et al., 1994; Silva-Júnior & Siqueira, 1997).

Neste trabalho, todos os inóculos avaliados demonstraram elevada eficiência em colonizar a planta e promover benefícios no seu crescimento e estado nutricional (Quadro 1), sugerindo que, nestas condições, não há necessidade de se utilizarem os compostos fenólicos para estimular os FMAs e acelerar a colonização radicular pelo fungo.

Todos os inóculos de FMAs utilizados proporcionaram aumentos significativos no crescimento e nos teores de nutrientes da parte aérea das mudas de maracujazeiro amarelo, quando comparados aos dos tratamentos sem inoculação (Quadro 1). Observou-se um aumento de 317, 397 e 383% no peso da matéria seca da parte aérea e um aumento de 629,

Quadro 1. Produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e raiz (MSR), teores de fósforo e potássio da parte aérea e colonização das raízes pelos FMAs das mudas de maracujazeiro amarelo, em substrato estéril

Variável	Fungo			
	Controle	Inóculo nativo	<i>Glomus clarum</i>	<i>Glomus fasciculatum</i>
MSPA (g planta ⁻¹)	0,30 ⁽¹⁾ C	1,25 B	1,49 A	1,45 A
MSR (g planta ⁻¹)	0,07 C	0,51 A	0,52 A	0,46 B
P (mg planta ⁻¹)	0,11 D	1,81 A	0,52 C	1,14 B
K (mg planta ⁻¹)	4,68 C	21,36 B	23,84 A	24,27 A
Colonização (%)	NC ⁽²⁾	87,23 A	56,93 B	60,43 B

⁽¹⁾ Os valores correspondem às médias de todos os tratamentos com compostos. ⁽²⁾ NC = não colonizada. Médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, dentro da mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

643, 557% no peso da matéria seca da raiz para a inoculação com IN, Gc e Gf, respectivamente (Quadro 1). Com relação à nutrição das mudas, os teores de P e K da parte aérea aumentaram em 1.545 e 356%, com o IN; 373 e 409%, com Gc, e 936 e 419%, com Gf.

A colonização mostrou comportamento distinto entre as espécies, sendo 87, 56 e 60%, para IN, Gc e Gf, respectivamente. A população nativa, multiplicada previamente com uma planta hospedeira (IN), apresentou maior capacidade de colonização com valores elevados (87%) e cerca de 30% superior à das espécies exóticas Gc e Gf. Adicionalmente, as mudas colonizadas pelo IN apresentaram teor de fósforo 1.545% superior ao das mudas não inoculadas e teores 19 e 59% superiores aos das mudas colonizadas pelo Gc e Gf, respectivamente, demonstrando elevada eficiência na absorção e, ou, translocação de fósforo. Estes dados revelam que o inóculo nativo pode apresentar nítida vantagem sobre os inóculos exóticos, sendo este mais adaptado às condições edafoclimáticas.

Segundo os resultados, o maracujazeiro mostrou elevada dependência micorrízica na fase inicial de desenvolvimento, razão por que as plantas apresentaram efeito significativo da inoculação com FMAs no crescimento vegetativo e no teor de nutrientes. Gerdemann (1975) definiu dependência micorrízica como sendo o grau de dependência da planta pela associação micorrízica para obter o crescimento máximo para determinada condição de fertilidade do solo. No presente trabalho, o maracujazeiro apresentou uma dependência micorrízica de 417%, para o IN; 497%, para Gc, e 483%, para Gf.

As plantas não inoculadas apresentaram sintomas de extrema deficiência de fósforo e um crescimento muito baixo da parte aérea e raiz (Quadro 1). Menge et al. (1978) salientaram que a paralisação do crescimento tem sido observada em mudas de citros plantadas em solo fumigado em diversos viveiros. Estes autores descreveram que a capacidade de absorção de fósforo em solos com baixos níveis de fósforo foi o fator mais importante para o estabelecimento da dependência micorrízica. Baylis (1970) propôs a teoria de que o comprimento dos pêlos radiculares indicava o grau de dependência micorrízica. Pêlos radiculares curtos indicaram elevada dependência micorrízica, enquanto pêlos radiculares longos indicavam baixa dependência micorrízica, por revelarem maior capacidade de absorção de fósforo e outros elementos.

Colozzi-Filho & Carvalho (1993) também observaram que a cultura do maracujá necessita da aplicação de doses elevadas de fósforo na fase de produção de mudas e no plantio de pomares, pelo fato de seu sistema radicular apresentar poucos pêlos absorventes e radículas. Entretanto, o presente trabalho mostrou que a inoculação com FMAs pode

reduzir a necessidade da aplicação de altas doses de fósforo para a produção de mudas de maracujazeiro de boa qualidade.

Fase pós-transplântio em substrato não-estéril

Após o transplântio das mudas para substrato não-estéril, observou-se que a aplicação dos compostos fenólicos (na fase de produção de mudas) teve um efeito positivo na colonização, produção de matéria seca da parte aérea, teores de fósforo e potássio das plantas de maracujazeiro (Quadros 2, 3, 4 e 5). Observa-se, no quadro 2, que os valores mais baixos para a colonização ocorreram para o tratamento sem composto e para o tratamento com a formononetina 10 $\mu\text{moles L}^{-1}$.

Após o transplântio das mudas de maracujazeiro para substrato não esterilizado, observou-se que as mudas não inoculadas desenvolvidas em substrato fumigado retomaram o crescimento somente após aproximadamente quatro semanas, apresentando um desenvolvimento ainda significativamente inferior ao das mudas previamente inoculadas com o IN, Gc, e Gf. O intervalo de tempo que ocorreu para a retomada do crescimento das mudas pode estar associado ao tempo necessário para o desenvolvimento da associação micorrízica, pois estas apresentaram uma percentagem de colonização de 33%, comparada a 72, 65 e 54%, para IN, Gc, e Gf, para o tratamento sem a aplicação dos compostos (Quadro 2).

Os resultados apresentados nos quadros 3, 4, e 5 evidenciam que a inoculação na fase de produção de mudas traz benefícios significativos ao desenvolvimento da parte aérea e ao estado nutricional das mudas após o transplântio.

Adicionalmente, este trabalho evidenciou não ser recomendável a prática de fumigação do solo, geralmente utilizada para a eliminação de patógenos. Tal prática elimina toda a microbiota do solo, tornando necessário que se introduzam espécies eficientes de fungos micorrízicos e, ou, se utilizem doses elevadas de fósforo para superar a dependência micorrízica do maracujazeiro. Deve-se ressaltar que a fumigação do solo elimina também outros microrganismos importantes para o equilíbrio do ecossistema, como, por exemplo, bactérias diazotróficas e produtoras de substâncias reguladoras de crescimento, cujos efeitos sinérgicos com FMAs têm sido documentados por Graça et al. (1991), em mudas de maracujazeiro; por Paula (1992), em batata-doce, e por Balota (1994), em mandioca.

A produção de matéria seca das mudas de maracujazeiro após o transplântio aumentou em 478, 388 e 241%, para as plantas inoculadas com IN, Gc e Gf, respectivamente, sem a aplicação dos compostos fenólicos (Quadro 3).

É importante salientar que o inóculo nativo (IN), que continha uma população de fungos oriunda de um plantio de maracujá da região de São João da

Quadro 2. Colonização radicular pelos FMAs das mudas de maracujazeiro amarelo, após o transplântio para substrato não-estéril

Composto ⁽¹⁾	Fungo			
	Controle	Inóculo nativo	<i>Glomus clarum</i>	<i>Glomus fasciculatum</i>
	%			
S/C	32,70 Bb	71,58 Aa	64,80 Aa	54,16 Aa
F5	46,23 Bab	78,59 Aa	73,94 ABa	74,59 ABa
F10	38,77 Bb	64,75 Aa	83,92 Aa	76,89 Aa
Q5	79,07 Aa	75,03 Aa	67,62 Aa	74,20 Aa
Q10	63,08 Aab	73,93 Aa	56,37 Aa	66,58 Aa
Q15	60,93 ABab	86,51 Aa	57,87 Ba	67,29 ABa
M5	48,93 Bab	79,78 Aa	62,69 ABa	57,87 ABa
M10	50,01 Bab	80,45 Aa	64,74 ABa	66,01 ABa
M15	63,33 Aab	80,09 Aa	62,84 Aa	67,21 Aa

⁽¹⁾ Composto: S/C = sem composto; F5,10 = Formononetina 5 e 10 $\mu\text{mol L}^{-1}$; Q5,10,15 = Quercetina 5, 10 e 15 $\mu\text{mol L}^{-1}$; M5,10,15 = Morina 5, 10 e 15 $\mu\text{mol L}^{-1}$. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma linha, e minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Quadro 3. Produção de matéria seca da parte aérea das mudas de maracujazeiro amarelo, após o transplântio para substrato não-estéril

Composto ⁽¹⁾	Fungo			
	Controle	Inóculo nativo	<i>Glomus clarum</i>	<i>Glomus fasciculatum</i>
	g planta ⁻¹			
S/C	2,35 Cab	13,58 Aa	11,46 Aa	8,01 Bab
F5	1,55 Cab	9,37 Bb	12,55 Aa	9,62 Abab
F10	0,79 Cb	13,35 Aa	13,50 Aa	9,30 Bab
Q5	4,30 Cab	12,48 Aab	13,49 Aa	8,38 Bab
Q10	3,42 Cab	12,71 Aab	14,30 Aa	7,58 Bb
Q15	3,02 Bab	11,95 Aab	12,59 Aa	9,93 Aab
M5	1,56 Bab	12,51 Aab	11,81 Aa	9,94 Aab
M10	1,50 Bab	13,20 Aa	11,34 Aa	11,29 Aa
M15	4,66 Ca	12,25 Aab	11,06 ABa	8,58 Bab

⁽¹⁾ Composto: S/C = sem composto; F5,10 = Formononetina 5 e 10 $\mu\text{mol L}^{-1}$; Q5,10,15 = Quercetina 5, 10 e 15 $\mu\text{mol L}^{-1}$; M5,10,15 = Morina 5, 10 e 15 $\mu\text{mol L}^{-1}$. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma linha, e minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Barra, teve comportamento semelhante ou superior ao comportamento das espécies selecionadas Gc e Gf, demonstrando ser um inóculo eficiente. Isto evidencia que a simples multiplicação da população nativa de FMAs pode ser uma prática viável para o produtor, para melhorar o desenvolvimento da cultura do maracujá. Contudo, a eficiência das populações nativas deve ser testada antes de se adotar tal prática.

Considerando a maior adaptabilidade dos fungos nativos às condições edafoclimáticas, a avaliação da

eficiência simbiótica de populações de fungos isolados da própria região de plantio constitui boa estratégia para o desenvolvimento de um programa de produção de mudas micorrizadas, eficientes e sadias.

Saggin-Júnior & Siqueira (1996) citaram diversos estudos que comprovam a elevada eficiência de FMAs ou populações de FMAs nativos isoladas de raízes de cafeeiros, para a produção de mudas desta cultura. Adicionalmente, os FMAs nativos podem exercer grande influência sobre os fungos introduzidos

Quadro 4. Teor de fósforo da parte aérea de mudas de maracujazeiro amarelo, após o transplântio para substrato não-estéril

Composto ⁽¹⁾	Fungo			
	Controle	Inóculo nativo	<i>Glomus clarum</i>	<i>Glomus fasciculatum</i>
	mg planta ⁻¹			
S/C	4,13 Babc	15,74 Aa	13,22 Aa	11,43 Aa
F5	2,29 Cabc	9,94 Bb	15,01 Aa	13,39 ABa
F10	1,33 Bc	15,53 Aab	14,45 Aa	13,77 Aa
Q5	7,43 Bab	13,23 Aab	16,11 Aa	12,14 ABa
Q10	5,23 Babc	14,58 Aab	17,37 Aa	12,72 Aa
Q15	4,63 Babc	13,59 Aab	14,05 Aa	14,00 Aa
M5	2,34 Babc	15,23 Aab	15,52 Aa	14,72 Aa
M10	2,02 Bbc	16,69 Aa	14,31 Aa	16,69 Aa
M15	7,84 Ba	13,36 Aab	13,75 Aa	13,13 Aa

⁽¹⁾ Composto: S/C = sem composto; F5,10 = Formononetina 5 e 10 $\mu\text{mol L}^{-1}$; Q5,10,15 = Quercetina 5, 10 e 15 $\mu\text{mol L}^{-1}$; M5,10,15 = Morina 5, 10 e 15 $\mu\text{mol L}^{-1}$. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma linha, e minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Quadro 5. Teor de potássio da parte aérea de mudas de maracujazeiro amarelo, após o transplântio para substrato não-estéril

Composto ⁽¹⁾	Fungo			
	Controle	Inóculo nativo	<i>Glomus clarum</i>	<i>Glomus fasciculatum</i>
	mg planta ⁻¹			
S/C	90,43 Babc	237,47 Aa	262,35 Aa	219,31 Aa
F5	59,15 Cbc	162,39 Ba	281,85 Aa	220,22 Aba
F10	35,36 Bc	248,05 Aa	255,12 Aa	254,39 Aa
Q5	147,88 Ba	230,66 Aa	248,04 Aa	185,42 Aba
Q10	123,47 Cab	233,07 Ba	315,97 Aa	236,53 Ba
Q15	104,82 Babc	233,70 Aa	224,37 Aa	247,86 Aa
M5	60,18 Bbc	227,76 Aa	277,71 Aa	252,40 Aa
M10	52,89 Bbc	222,22 Aa	274,75 Aa	271,52 Aa
M15	132,25 Bab	184,23 ABa	247,75 Aa	233,31 Aa

⁽¹⁾ Composto: S/C = sem composto; F5,10 = Formononetina 5 e 10 $\mu\text{mol L}^{-1}$; Q5,10,15 = Quercetina 5, 10 e 15 $\mu\text{mol L}^{-1}$; M5,10,15 = Morina 5, 10 e 15 $\mu\text{mol L}^{-1}$. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma linha, e minúscula, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

e a inoculação com espécies eficientes pode ou não trazer benefícios para a planta, em solos com propágulos nativos, dependendo da capacidade de adaptação dessas espécies às condições edafoclimáticas e da competitividade com as espécies nativas (Saggin-Júnior et al., 1994).

Analisando as condições de transplântio e o período de tempo deste trabalho, o Gc e Gf demonstraram ser eficientes após o transplântio das mudas inoculadas para substrato não-estéril, ou seja, na presença de propágulos nativos.

Nos tratamentos sem inoculação (SI), a aplicação da quercetina, na dose de 5 $\mu\text{moles L}^{-1}$, promoveu um aumento significativo na colonização radicular pelos fungos nativos presentes no substrato, quando comparados os tratamentos entre os compostos. A comparação da percentagem de colonização radicular entre os diferentes inóculos (SI, IN, Gc e Gf) mostrou que, nos tratamentos SI, com a aplicação da quercetina (5, 10 e 15 $\mu\text{moles L}^{-1}$) e morina (15 $\mu\text{moles L}^{-1}$), a colonização aumentou para valores estatisticamente semelhantes aos da colonização pelos

inóculos eficientes IN, Gc e Gf. A aplicação da morina (5 e 10 $\mu\text{moles L}^{-1}$) e da formononetina (5 $\mu\text{moles L}^{-1}$) também aumentou a colonização radicular pelo fungo, atingindo valores estatisticamente iguais aos obtidos para os inóculos eficientes Gc e Gf, mas inferiores aos obtidos para o IN. Entretanto, a colonização radicular nos tratamentos com a aplicação da quercetina (5, 10 e 15 $\mu\text{moles L}^{-1}$) e morina (15 $\mu\text{moles L}^{-1}$) foi mais elevada, semelhante à colonização pelo IN, Gc e Gf.

Tais resultados revelaram que, em substrato com baixo teor de fósforo, condição em que o maracujazeiro apresenta elevada dependência micorrízica, tais compostos estimularam a população nativa de fungos, favorecendo a colonização rápida e, com isso, favorecendo o desenvolvimento da planta.

Apesar de a colonização radicular das plantas não inoculadas ter sido semelhante à colonização observada para as plantas inoculadas com IN, Gc e Gf, nos tratamentos com a adição da quercetina e morina (5, 10 e 15 $\mu\text{moles L}^{-1}$) e formononetina (5 $\mu\text{moles L}^{-1}$), a produção de matéria seca e os teores de P e K das plantas foram significativamente mais baixos, quando comparada entre os inóculos. Isto demonstrou ser a inoculação na fase de produção de mudas com espécies eficientes a melhor alternativa para obter o bom desenvolvimento e nutrição das mudas após o transplântio para o campo. Contudo, a colonização radicular pelos fungos nas plantas-controle, nas plantas não inoculadas e nas plantas previamente inoculadas ocorreu em épocas diferentes, impedindo comparar a eficiência da colonização pela população de fungos presentes no substrato de transplântio e pelo IN, Gc e Gf.

A comparação entre os compostos, em algumas concentrações do produto, mostrou aumentos significativos no peso da matéria seca da parte aérea e no teores de P e K, variando com os fungos (Quadros 3, 4 e 5). Nas plantas não inoculadas, apesar de tais diferenças não terem sido significativas a 5%, observou-se uma tendência no aumento de produção de matéria seca e teores de P e K, nas plantas que receberam quercetina, na concentração de 5 e 10 $\mu\text{moles L}^{-1}$, e morina, na concentração de 15 $\mu\text{moles L}^{-1}$, e inferiores nas plantas que receberam a formononetina na concentração de 10 $\mu\text{moles L}^{-1}$, conforme observado para a colonização. Para o IN, observou-se que a formononetina (5 $\mu\text{moles L}^{-1}$) teve um efeito negativo na produção de matéria seca e no teor de fósforo. Adicionalmente, para as plantas inoculadas com Gf, observou-se que os tratamentos com compostos fenólicos apresentaram um desenvolvimento superior ao do tratamento sem composto.

Silva-Junior & Siqueira (1997) observaram que a formononetina acelerou a colonização micorrízica, favoreceu a densidade de arbúsculos e vesículas nas raízes de soja e milho, dependendo da época de avaliação, aumentou a produção de matéria seca apenas para a soja, mas não influenciou o acúmulo de nutrientes.

Os resultados revelaram que, em substrato com populações nativas de FMA e com baixo teor de fósforo, como ocorreu após o transplântio das mudas para substrato não-estéril, os compostos fenólicos podem acelerar a colonização pelo fungo, conforme sugerido por Siqueira et al. (1991), e, conseqüentemente, favorecer o desenvolvimento e nutrição das mudas. Por outro lado, na presença de um potencial elevado de inóculo, como ocorreu com os inóculos IN, Gc e Gf, os compostos fenólicos não têm efeito significativo na colonização radicular pelos FMAs. A tendência observada no aumento do desenvolvimento e nutrição das plantas para o IN e Gf pode ter ocorrido graças ao efeito dos compostos nas hifas externas, arbúsculos e, ou, vesículas, aspectos que variam com a época de avaliação e não foram avaliados neste trabalho.

CONCLUSÕES

1. A inoculação com FMAs proporcionou aumentos significativos no crescimento e nos teores de nutrientes da parte aérea das mudas de maracujazeiro, em ambas as fases de crescimento: fase de produção de mudas e fase após o transplântio para substrato não-estéril.

2. O maracujazeiro mostrou elevada dependência micorrízica na fase inicial de desenvolvimento e após o transplântio para substrato não-estéril; conseqüentemente, a inoculação com FMAs reduziu significativamente a necessidade de aplicação de elevadas doses de fósforo em ambas as fases de crescimento da planta.

3. A prática de fumigação do substrato deve ser recomendada para a produção de mudas de maracujazeiro, somente quando se faz a introdução de espécies selecionadas de FMA.

4. Considerando a elevada eficiência e capacidade de colonização do IN, semelhante ou superior às das espécies selecionadas Gc e Gf, recomenda-se avaliar a eficiência das populações de fungos nativos, isoladas da própria região de plantio, como estratégia para o desenvolvimento de um programa de produção de mudas de maracujazeiro amarelo.

5. A aplicação de compostos fenólicos não apresentou benefícios na fase de produção de mudas, quando se utilizaram substrato esterilizado e inóculo com um potencial de colonização elevado. Entretanto, em substrato com populações nativas de FMA e com baixo teor de fósforo, como ocorreu após o transplântio das mudas para substrato não-estéril, os compostos fenólicos quercetina e morina (5, 10 e 15 $\mu\text{moles L}^{-1}$) e formononetina (5 $\mu\text{moles L}^{-1}$), destacando-se a quercetina (5, 10 $\mu\text{moles L}^{-1}$) e a morina (15 $\mu\text{moles L}^{-1}$), podem beneficiar a colonização pelos FMAs nativos presentes no substrato e, conseqüentemente, favorecer o desenvolvimento e nutrição das mudas.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Estadual do Norte Fluminense (FENORTE), pelo apoio financeiro, e à Dra. Sandra Truffen e Dra. Rosilaine Carrenho, pela identificação das espécies nativas de FMAs.

LITERATURA CITADA

- BALOTA, L.E. Interação de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca (*Manihot esculenta* crantz). Itaguaí, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1994. 281p. (Tese de Doutorado)
- BAYLIS, G.T.S. Root hairs and phycomycetous mycorrhizas in phosphorus-deficient soil. *Plant Soil*, 33:713-716, 1970.
- BATISTA, M.J. & SIQUEIRA, J.O. Efeito de flavonóides na germinação de esporos e no crescimento assimbiótico do fungo micorrízico arbuscular *Gigaspora gigantea*. *R. Bras. Fisiol. Veg.*, 6:127-134, 1994.
- BÉCARD, G.; DOUDS, D.D. & PFEFFER, P.E. Extensive in vitro growth of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in the presence of CO₂ and flavonoides. *Appl. Environ. Microbiol.*, 58:821-825, 1992.
- BROWN, M.S. & BETHLENFALVAY, G.J. The glycine-glomus-rhizobium symbiosis. VII Photosynthetic nutrient-use efficiency in nodulated, mycorrhizal soybeans. *Plant Physiol.*, 86:1292-1297, 1988.
- COLOZZI-FILHO, A. & CARVALHO, S.L.C. Efeitos de micorrizas arbusculares na produção do maracujazeiro a campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, Goiânia, 1993. Resumos. Goiânia, 1993. p.287-288.
- COOPER, K.M. Physiology of VA mycorrhizal association. In: POWELL, C.L. & BAGYARAJI, D.J., eds. VA Mycorrhiza. Boca Raton, CRC Press, 1984. p.155-186.
- DEHNE, H.W. Interactions between VA mycorrhizas and plant pathogens. *Phytopathology*, 72:1115-1119, 1982.
- ELIAS, K.S. & SAFIR, G.R. Hyphal elongation of *Glomus fasciculatus* in response to root exudates. *Appl. Environ. Microbiol.*, 53:1928-1933, 1987.
- GERDEMANN, J.W. Vesicular arbuscular mycorrhiza. In: TORRES, J.G. & CLARKSON, D.T., eds. The development and function of roots, London, Academic Press, 1975. p.575-591.
- GUILLEMIN, J.P.; GIANNINAZZI, S.; PEARSON-GIANNINAZZI, V. & MARCHAL, J. Contribution of arbuscular mycorrhizas to biological protection of micropropagated pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr) against *Phytophthora cinnamomi* Rands. *Agric. Sci. Finland.*, 3:241-251, 1994.
- GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring VA mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.*, 84:489-500, 1980.
- GRAÇA, J.; MACHADO, J.O.; RUGGIERO, C. & ANDRIOLI, J.L. Eficiência de fungos endomicorrízicos e da bactéria *Azospirillum brasiliense* sobre o desenvolvimento de mudas do maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*). *R. Bras. Frutic.*, 13:125-130, 1991.
- KAMINSKI, J.; FRIES, L.L.M. & SAFIR, G.R. Efeito da rotação de culturas e da formononetina na colonização de raízes do capim pensacola por fungos MA. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS. MICORRIZAS E MANEJO AGROFLORESTAL SUSTENTÁVEL, 5., Florianópolis, 1994. Resumos. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 1994. p.47.
- KOIDE, R.T. The nature of growth depressions in sunflower caused by VA mycorrhizal infection. *New Phytol.*, 99:449-462, 1985.
- KOSKE, R.E. & GEMMA, J.N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycol. Res.*, 92:488-505, 1989.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.G. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989 201p.
- MARSCHNER, H. & DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant Soil*, 159:89-102, 1994.
- MENGE, J.A.; JOHNSON, E.L.V. & PLATT, R.G. Mycorrhizal dependence of several citrus cultivars under three nutrient regimes. *New Phytol.*, 81:553-559, 1978.
- MONTEIRO, E.M.S.; MATOS, R.M.B.; PAULA, M.A. & GUERRA, J.G.M. Micorrizas vesículo-arbusculares em bananeiras: aclimação e transplante de mudas micropropagadas. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 4., Mendes, 1991. Programa e Resumos. Itaguaí, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1991. p.163.
- PAULA, M.A. Interação micorrizas vesículo-arbusculares e bactérias diazotróficas em batata-doce (*Ipomoea batatas* L. Lam). Itaguaí, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1992. 168p. (Tese de Doutorado)
- RUGGIERO, C.; SÃO JOSÉ, A.R.; VOLPE, C.A.; OLIVEIRA, J.C.; DURIGAN, J.F.; BAUMGARTNER, J.G.; SILVA, J.R.; NAKAMURA, K.; FERREIRA, M.E.; KAVATI, R. & PEREIRA, V.P. Maracujá para exportação: aspectos técnicos da produção. Brasília, Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, Secretaria de Desenvolvimento Rural, Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutas, Hortaliças, Flores e Plantas Ornamentais, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1996. 64p.
- SAGGIN-JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O.; GUIMARÃES, P.T.G. & OLIVEIRA, E. Interação fungos micorrízicos versus superfosfato e seus efeitos no crescimento e teores de nutrientes do café em solo não fumigado. *R. Bras. Ci. Solo*, 18:27-36, 1994
- SAGGIN-JÚNIOR, O.J. & SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares em café. In: SIQUEIRA, J.O., ed. Avanços em fundamentos e aplicações de micorrizas. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 1996. p.302-303.

- SCHUBERT, A.; MAZZITELLI, M.; ARIUSSO, O. & EYNARD, I. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on micropropagated grapevines: Influence of endophyte strain, P fertilization, and growth medium. *Vitis*, 29:5-13, 1990.
- SILVA-JÚNIOR, J.P. & SIQUEIRA, J.O. Aplicação de formononetina sintética ao solo como estimulante da formação de micorriza no milho e na soja. *R. Bras. Fisiol. Veg.*, 9:35-41, 1997.
- SIQUEIRA, J.O.; NAIR, M.G.; HAMMERSCHMIDT, R. & SAFIR, G.R. Significance of phenolic compounds in plant-soil-microbial systems. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 10:63-121, 1991.
- SOARES, I. Associação micorrízica na cultura do maracujá. In: SÃO JOSÉ, A.R. ed. *Maracujá-produção e mercado*. Vitória da Conquista, Universidade Estadual da Bahia, 1994. p.91-98.
- TSAI, S.M. & PHILLIPS, D.A. Flavonoids released naturally from alfalfa promote development of symbiotic *Glomus* spores in vitro. *Appl. Environ. Microbiol.*, 57:1485-1488, 1991.
- VEGA-JAIZME, M.C. & ÁZCON, R. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.) in the Canary Islands. *Fruits*, 46:47-50, 1991.
- VEGA-JAIZME, M.C. & ÁZCON, R. Responses of some tropical and subtropical cultures to endomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza*, 5:213-217, 1995.
- WERNER, D.; BERNARD, S.; GEORGE, E.; JACOBI, E.; KAPE, R.; KOSCH, K.; MULLER, P.; PARNISKE, M.; SCHENCK, P.; SCHMIDT, P. & STREIT, W. Competitiveness and communication for effective inoculation by *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* and vesicular-arbuscular mycorrhiza fungi. *Experientiae*, 50:884-889, 1994.